



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: 196 20 832.7  
22 Anmeldetag: 23. 5. 96  
43 Offenlegungstag: 28. 11. 96

DE 196 20 832 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
25.05.95 KR 95-13256

71 Anmelder:  
Samsung Electronics Co. Ltd., Suwon, Kyungki, KR

74 Vertreter:  
Wilhelms, Kilian & Partner, 81541 München

72 Erfinder:  
Lee, Ki-bang, Seoul/Soul, KR; Cho, Young-ho,  
Daejeon, KR; Song, Ci-moo, Sungnam, Kyungki, KR

54 Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion

57 Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion mit einem ersten Federelement, dessen Längsrichtung mit einer ersten Achsenrichtung zusammenfällt, mit einem zweiten Federelement, dessen Längsrichtung mit einer zweiten Richtung senkrecht zur ersten Achsenrichtung zusammenfällt und das eine Breite hat, die kleiner als die des ersten Federelementes ist, und mit einem Massenteil. Bei dem Verfahren werden die Eigenfrequenzen bezüglich der ersten Achsenrichtung der Schwingungskonstruktion und bezüglich einer dritten Achsenrichtung senkrecht zu einer Ebene gemessen, die von der ersten und der zweiten Achse aufgespannt wird. Die Dicke des ersten Federelementes wird verändert, um die Eigenfrequenz bezüglich der dritten Achsenrichtung einzustellen, während die Eigenfrequenz bezüglich der ersten Achsenrichtung festgehalten wird. Der Meßschritt und der Schritt der Änderung der Dicke werden solange wiederholt, bis die Eigenfrequenzen bezüglich der ersten und der dritten Achse innerhalb eines Bereiches eines zulässigen Fehlers liegen. Durch dieses Verfahren kann eine Einstellung derart erfolgen, daß die Eigenfrequenz der Schwingungskonstruktion mit einem Sollwert zusammenfällt, so daß die Linearität und Empfindlichkeit eines Sensors verbessert sind und die Betriebsbandbreite zunimmt.

DE 196 20 832 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion, indem insbesondere die Dicke eines Bauteils der Schwingungskonstruktion über ein Niederschlags- oder Ätzverfahren erhöht oder verringert wird.

Es ist technisch sehr wichtig, die Eigenfrequenz zu korrigieren, damit eine Doppelachsenschwingungskonstruktion mit einer bestimmten Eigenfrequenz schwingen kann. Das wird bisher bei akustischen Oberflächenwellenfiltern und Quarzoszillatoren angewandt, die in Befeuchtern verwandt werden. Da ein Quarzoszillator oder ein Oberflächenwellenfilter in einer einzigen Schwingungsmoden schwingt, kann deren Eigenfrequenz vergleichsweise leicht dadurch eingestellt werden, daß ein herkömmliches Verfahren der Frequenzeinstellung verwandt wird. Da eine Doppelachsenschwingungskonstruktion jedoch in zwei Schwingungsmoden schwingt, ist es nicht ohne weiteres möglich, das herkömmliche Frequenzeinstellverfahren zu verwenden, so daß ein neues Frequenzeinstellverfahren benötigt wird.

In der jüngsten Zeit haben Doppelachsenschwingungskonstruktionen verschiedene Anwendungen gefunden. Ein repräsentatives Beispiel für Gegenstände, die Doppelachsenschwingungskonstruktionen verwenden, ist ein Kreisel oder Gyroskop. Ein Kreisel arbeitet als Winkelgeschwindigkeitssensor zum Erfassen einer Winkelgeschwindigkeit oder Winkelbeschleunigung eines Trägheitskörpers und bildet seit langem das Kernbauteil der Navigationsvorrichtung eines Flugkörpers, eines Schiffes oder eines Flugzeuges. Da Kreisel für militärische Anwendungszwecke oder Flugzeuge in Präzisionsarbeit hergestellt werden und aus mehreren tausend Bauteilen zusammengesetzt werden, kann eine sehr genaue Arbeit derartiger Kreisel erzielt werden. Die Herstellungskosten sind jedoch sehr hoch und der Aufbau der Kreisel ist platzraubend, so daß sich derartige Kreisel nicht für den Hausgebrauch, auf industriellem Gebiet oder für den öffentlichen Bedarf eignen. Ein Kreisel, der für den öffentlichen Bedarf verwandt werden kann, könnte bei einer Navigationsvorrichtung zum Erfassen der Beschleunigung oder Winkelgeschwindigkeit eines Fahrzeuges oder bei einer Vorrichtung zum Erfassen des Zitterns der Hand bei der Benutzung eines Camcorders mit hoher Vergrößerung angewandt werden, um das Zittern der Hand zu korrigieren. Ein Sensor mit einer Doppelachsenschwingungskonstruktion wird auch in medizinischen Geräten oder in Meßinstrumenten für die industrielle Anwendung verwandt.

Fig. 3 der zugehörigen Zeichnung zeigt schematisch einen Kreisel oder ein Gyroskop mit einer Doppelachsenschwingungskonstruktion. Das Prinzip des Kreisels besteht darin, eine Drehwinkelgeschwindigkeit dadurch zu erfassen, daß eine Corioliskraft erfaßt wird, die in einer dritten Achse senkrecht zu einer ersten und einer zweiten Achsenrichtung erzeugt wird, wenn dem Trägheitskörper, der gleichmäßig in der ersten Achsenrichtung schwingt oder rotiert, eine Drehwinkelgeschwindigkeit in Richtung der zweiten Achse senkrecht zur Richtung der ersten Achse gegeben wird.

Ein Kreisel 10 umfaßt eine Doppelachsenschwingungskonstruktion 12, die auf dem oberen Teil eines Siliziumsubstrates 11 angeordnet ist. Es kann irgendein leitfähiges Material für die Konstruktion 12 verwandt werden. Die Konstruktion 12 ist auf dem Siliziumsubstrat 11 über einem Halteteil 13 gehalten, der etwas dicker als der übrige Bereich ausgebildet ist, wobei der

übrige Bereich mit der Ausnahme des Halteteils 13 dünn ausgebildet ist, so daß er einen Abstand in Richtung der Z-Achse von der Oberfläche des Siliziumsubstrates 11 hat. Federnteile 14, 15 und 16 und ein Massenteil 17 sind in der Konstruktion 12 vorgesehen. Ein Treiberteil 21, der die Konstruktion 12 in X-Richtung in Schwingung versetzt, ist auf beiden Seiten der Konstruktion 12 angeordnet. Die Treiberteile 21 bestehen aus einem leitenden Material. Wenn die Treiberteile 21, die eine Art Elektrode bilden, mit Strom versorgt werden, wird eine elektrostatische Kraft in einem Finger 22 der Treiberteile 21 erzeugt, wodurch der Konstruktion 12 von ihrem Finger 19 eine Schwingbewegung gegeben wird. Eine nicht dargestellte Oberflächensensorelektrode, die die Versetzung der Konstruktion 12 in Z-Richtung erfassen kann, ist am unteren Teil der Konstruktion 12 angeordnet. Die Versetzung der Konstruktion 12 in Z-Richtung kann aus der Kapazitätsänderung der Oberflächensensorelektrode gemessen werden.

Die Winkelgeschwindigkeit eines sich drehenden Trägheitskörpers in Richtung der Y-Achse wird wie folgt erhalten. Wenn der Finger 22 mit Strom versorgt wird, um eine Schwingung der Konstruktion 12 mittels der elektrostatischen Kraft in x-Richtung zu erzeugen, wird die Frequenz in X-Richtung von einer zentralen Sensorelektrode 23 gemessen, die sich am mittleren Teil der Schwingungskonstruktion 12 befindet. Wenn die Konstruktion 12 in Richtung der Z-Achse durch die Corioliskraft schwingt, wird weiterhin die Frequenz in Z-Richtung durch die Oberflächensensorelektrode gemessen, die sich am unteren Teil der Konstruktion 12 befindet. Die Frequenzen der X-Achsenrichtung und der Z-Achsenrichtung, die in der oben beschriebenen Weise gemessen wurden, werden einer Datenverarbeitung unterworfen, wodurch es möglich ist, die Winkelgeschwindigkeit des sich drehenden Trägheitskörpers zu erhalten.

Wie es oben beschrieben wurde, weist der Kreisel 10 eine Schwingungskonstruktion auf, die an einem Siliziumsubstrat 11 vorgesehen ist und einen Massenteil 17 aufweist, der über Federn 14, 15 und 16 an einem Halteteil 13 angebracht ist, wobei der Massenteil 17 in den Richtungen der X-Achse und der Z-Achse schwingt. Der Kreisel 10 hat daher eine Eigenfrequenz bezüglich zweier Achsen. Um die Arbeit des Kreisels zu garantieren, sollte dabei die Eigenfrequenz der Doppelachsenschwingung der Konstruktion 12 innerhalb des Bereiches eines vorgegebenen Fehlers liegen. Wenn jedoch die Konstruktion 12 unter Verwendung herkömmlicher technischer Verfahren, wie beispielsweise durch Ätzverfahren oder durch chemisches Aufdampfen gebildet wird, dann tritt ein Fehler von üblicherweise 0,1 bis 1,0  $\mu\text{m}$  beim Herstellungsvorgang auf. Aufgrund dieses Fehlers des Herstellungsvorgangs weichen die Federkonstante der Konstruktion 12 und die Masse des Massenteils 12 beträchtlich von den Sollwerten ab, so daß die Eigenfrequenz der beiden Richtungen von dem gewünschten Wert verschieden ist. Es besteht daher das Problem, daß die Arbeit des Kreisels beeinträchtigt ist. Um dieses Problem zu beseitigen, wird ein Verfahren benötigt, mit dem in passender Weise die Federkonstante der Federn 14, 15 und 16 in der Konstruktion 12 eingestellt werden kann.

Durch die Erfindung soll daher ein Verfahren zum Einstellen der Frequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion geschaffen werden.

Durch die Erfindung soll insbesondere ein Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz bezüglich einer Achse

se einer Doppelachsenschwingungskonstruktion bei gleichzeitigem Festhalten der Eigenfrequenz bezüglich der anderen Achse geschaffen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren soll sich insbesondere dazu eignen, die Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion für einen schwingenden Kreisel einzustellen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion mit einem ersten Federelement, das eine Längsrichtung hat, die mit einer ersten Achsenrichtung zusammenfällt, in der eine elektrostatische Kraft anliegt, einem zweiten Federelement mit einer Längsrichtung, die mit einer zweiten Richtung senkrecht zur ersten Achsenrichtung zusammenfällt, das eine Breite hat, die kleiner als die des ersten Federelementes ist, und einem Massenteil umfaßt die folgenden Schritte:

Messen der Eigenfrequenzen bezüglich der ersten Achsenrichtung der Schwingungskonstruktion und einer dritten Achsenrichtung senkrecht zu einer Ebene, die von der ersten und der zweiten Achse aufgespannt wird, Ändern der Dicke des ersten Federelementes, um die Eigenfrequenz bezüglich der dritten Achsenrichtung einzustellen, während die Eigenfrequenz bezüglich der ersten Achsenrichtung beibehalten wird, und Wiederholen des Meßschrittes und des Schrittes der Änderung der Dicke, bis die Eigenfrequenzen bezüglich der ersten und der dritten Achse innerhalb eines Bereiches eines zulässigen Fehlers liegen.

Vorzugsweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion im Schritt der Änderung der Dicke die Dicke des ersten Federelementes herabgesetzt, wenn die Eigenfrequenz bezüglich der dritten Achsenrichtung der Konstruktion höher als die bezüglich der ersten Achsenrichtung ist.

Vorzugsweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion im Schritt der Änderung der Dicke die Dicke des ersten Federelementes erhöht, wenn die Eigenfrequenz bezüglich der dritten Achsenrichtung der Konstruktion kleiner als die bezüglich der ersten Achsenrichtung ist.

Vorzugsweise wird beim erfindungsgemäßen Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion der Schritt der Herabsetzung der Dicke durch reaktives Ionenätzen, Plasmaätzen oder Zerstäuben ausgeführt.

Vorzugsweise wird weiterhin bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion der Schritt der Erhöhung der Dicke durch Aufstäuben, Ionenstrahlauftäuben, Elektronenzyklotronresonanzaufstäuben, Ionenplattieren, Molekularstrahlepitaxialwachstum, chemisches Aufdampfen oder chemisches metallorganisches Aufdampfen ausgeführt.

Durch die Erfindung wird weiterhin ein Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion geschaffen, bei dem der Schritt der Änderung der Dicke dadurch ausgeführt wird, daß eine Maske mit einer Öffnung benutzt wird, die einem Bereich zur Verwirklichung der Änderung der Dicke am ersten Federelement entspricht, und die Dicke des ersten Federelementes unter dieser Öffnung verändert wird.

Durch die Erfindung wird weiterhin ein Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion zur Verwendung in einem

Kreisel oder Gyrosk p mit einem ersten Federelement einer ersten Achsenrichtung, die mit der Richtung zusammenfällt, in der eine elektrostatische Kraft anliegt, einem zweiten Federelement einer zweiten Achsenrichtung senkrecht zur ersten Achsenrichtung, das eine Breite hat, die kleiner als die des ersten Federelementes ist, und einem Massenteil geschaffen, welches Verfahren die Schritte umfaßt:

Messen der Eigenfrequenz bezüglich der ersten Achsenrichtung und einer dritten Achsenrichtung senkrecht zu einer Ebene, die von der ersten und der zweiten Achse der Schwingungskonstruktion aufgespannt wird, Ändern der Dicke des ersten Federelementes der ersten Achsenrichtung, um die Eigenfrequenz bezüglich der dritten Achsenrichtung einzustellen, während die Eigenfrequenz bezüglich der ersten Achsenrichtung beibehalten wird, und Wiederholen des Meßschrittes und des Schrittes der Änderung der Dicke bis die Eigenfrequenzen bezüglich der ersten Achsenrichtung und bezüglich der dritten Achsenrichtung im Bereich eines zulässigen Fehlers liegen.

Im folgenden wird anhand der zugehörigen Zeichnung ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht zur Erläuterung des Verfahrens zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion,

Fig. 2A und 2B Schnittansichten längs der Linie A-A in Fig. 1,

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht einer herkömmlichen Doppelachsenschwingungskonstruktion in einem Kreisel und

Fig. 4 in einer graphischen Darstellung die Eigenfrequenz bezüglich einer X-Achse und bezüglich einer Y-Achse der in Fig. 3 dargestellten Doppelachsenschwingungskonstruktion.

Zunächst wird anhand der Fig. 3 und 4 der Frequenzgang einer Doppelachsenschwingungskonstruktion 12 beschrieben. In der graphischen Darstellung von Fig. 4 sind zwei Kurven, nämlich eine Frequenzgangkurve 25 bezüglich der X-Achsenrichtung und eine Frequenzgangkurve 26 bezüglich der Z-Achsenrichtung dargestellt. Die Eigenfrequenzen der Schwingungskonstruktion sind mit  $f_x$  und  $f_z$  bezüglich der X-Achse und bezüglich der Z-Achse jeweils angegeben. Die Eigenfrequenzen  $f_x$  und  $f_z$  für beide Achsen sind dabei Funktionen der Masse und des Elastizitätsmoduls einer Feder (Federkonstante) und somit gleich:

$$f_x = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_x}{m}}, \quad f_z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_z}{m}}$$

wobei  $k_x$  und  $k_z$  die äquivalenten Federkonstanten für die eine und die andere Achsenrichtung der Federteile 14, 15 und 16 sind und  $m$  die Masse des Massenteils 17 bezeichnet. Obwohl daher der wirkliche Wert von  $m$  gleich der Gesamtmasse des Massenteils 17 und der Federteile 14, 15 und 16 ist, kann die Masse  $m$  nur als die Masse des Massenteils 17 angenommen werden, da die Gesamtmasse der Federteile verglichen mit der des Massenteils selbst im allgemeinen vernachlässigbar ist.

Die Doppelachsenschwingungskonstruktion weist im allgemeinen einen Federteil 15 mit einer großen Breite in einer Richtung, in der die elektrostatische Kraft über eine Treiberelektrode anliegt, und Federteile 14 und 16

mit geringen Breiten in der anderen Richtung auf. Wenn sich die Dicke der Federteile 14, 15 und 16 ändert, ändern sich auch die Federkonstanten bezüglich der X-Achse und der Z-Achse.

Um die Arbeit der Doppelachsenschwingungskonstruktion 12 sicherzustellen, ist eine Einstellung derart erfolgen, daß die Eigenfrequenz  $f_z$  bezüglich der Z-Achse verändert wird, während die Eigenfrequenz  $f_x$  bezüglich der X-Richtung beibehalten wird. Unter Berücksichtigung der Form der Konstruktion 12 in Fig. 3 ergibt sich jedoch das Problem, daß die Federkonstanten bezüglich beider Richtungen gemeinsam variieren, wenn die Dicke der schmalen Federteile 14 oder 16 verändert wird. Wenn andererseits sich die Dicke des breiten Federteils 15 ändert, kann nur die Federkonstante bezüglich der Z-Achse geändert werden, während die bezüglich der X-Achsenrichtung sich nahezu nicht ändert. Aufgrund dieser Erkenntnis wird die Dicke des Federteils 15 mit großer Breite verändert, um die Eigenfrequenz  $f_z$  bezüglich der Z-Achse einzustellen, während die Eigenfrequenz  $f_x$  bezüglich der X-Richtung beibehalten wird.

Fig. 1 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung des Verfahrens zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion 32. Die Schwingungskonstruktion 32 ist mit einem Federteil 36 mit einer großen Breite in X-Richtung, Federn 34 und 35 mit einer geringen Breite in Y-Richtung und einem Massenteil 37 versehen. Die Änderung der Dicke des Federteils 35 mit großer Breite erfolgt dadurch, daß unter Verwendung einer Maske 41 ein anderes Material auf einen bestimmten Bereich 39 niedergeschlagen wird oder ein Teil des Bereiches 39 geätzt bzw. der Bereich 39 weggeätzt wird. Die in weitem Umfang verwandten Verfahren zum Niederschlagen eines Materials schließen das Aufstäuben, das Ionenstrahlaufbringen, das Elektronenzyklotronresonanzaufstäuben, das Ionenplattieren, das Atomstrahlepitaxialwachstum, das chemische Aufdampfen und das chemische metallorganische Aufdampfen ein. Ein Teil des Federbereiches kann durch reaktives Ionenätzen entfernt werden, das in weitem Umfang auf dem Gebiet der Herstellung und Bearbeitung von Halbleitern verwandt wird. Beispielsweise kann unter Verwendung von  $CF_4$ -Gas bei einem Druck von etwa 0,01 bis 0,10 Torr ein Ätzen mit einer Geschwindigkeit von 0,05 bis 1,00  $\mu\text{m}$  pro Minute erfolgen. Neben dem reaktiven Ionenätzen kann die Dicke des Federteils 35 auch durch Plasmaätzen oder Zerstäubungsätzen verändert werden. Die Maske 41 weist mehrere Öffnungen 42 auf, die den Bereichen 39 entsprechen, die benötigt werden, um die Dicke des Federteils 35 zu verändern. Die Fig. 2A und 2B zeigen Querschnittsansichten längs der Linie A-A in Fig. 1. Fig. 2A zeigt einen durch Ätzen entfernten Bereich 39A des Federteils während Fig. 2B einen durch Materialniederschlag erhöhten Bereich 39B des Federteils zeigt.

Die Einstellung der Eigenfrequenz aus einer Änderung der Dicke des Federteils 35 erfolgt nach einem Annäherungsverfahren. Nachdem die Konstruktion 32 hergestellt ist, wird die Eigenfrequenz bezüglich jeder Achsenrichtung gemessen. Wie es im obigen anhand von Fig. 3 beschrieben wurde, erfolgt die Messung der Eigenfrequenz bezüglich der X-Achsenrichtung unter Verwendung der zentralen Sensorelektrode 23, die am mittleren Teil der Konstruktion angeordnet ist, und erfolgt die Messung der Eigenfrequenz bezüglich der Z-Achsenrichtung unter Verwendung einer nicht dargestellten Oberflächenelektrode, die auf dem Substrat 11

angeordnet ist. Vorzugsweise fallen die Eigenfrequenzen bezüglich beider Achsen zusammen, es kann jedoch vorkommen, daß die Eigenfrequenzen in einem bestimmten Auslegungsbereich nicht übereinstimmen. Wenn ein Vergleich der gemessenen Eigenfrequenzen zeigt, daß die Eigenfrequenz  $f_z$  größer als  $f_x$  ist, dann erfolgt ein Ätzzvorgang, wie es in Fig. 2A dargestellt ist, um den Wert der Federkonstanten bezüglich der Z-Achse zu verringern, wodurch  $f_z$  herabgesetzt werden kann. Anderenfalls erfolgt ein Niederschlagen von Material in der in Fig. 2B dargestellten Weise, um  $f_z$  zu erhöhen. Wenn das Ätzen oder Niederschlagen beendet ist, wird gemessen, ob die Eigenfrequenz bezüglich jeder Achsenrichtung im Bereich eines vorbestimmten Fehlers liegt oder nicht, und wird gegebenenfalls der obige Arbeitsvorgang wiederholt.

Mit dem obigen Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion kann die Eigenfrequenz der Schwingungskonstruktion so eingestellt werden, daß sie mit einem Sollwert zusammenfällt, so daß die Linearität und Empfindlichkeit eines Sensors verbessert sind und die Arbeitsbandbreite zunimmt. Der Frequenzfehler der Schwingungskonstruktion kann gleichfalls nachgestellt werden, um die Arbeit eines Kreisels oder Gyroskops, eines Winkelgeschwindigkeitssensors und eines Beschleunigungssensors zu verbessern, die mit einer derartigen Schwingungskonstruktion arbeiten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion mit einem ersten Federelement, das eine Längsrichtung hat, die mit einer ersten Achsenrichtung zusammenfällt, in der eine elektrostatische Kraft anliegt, einem zweiten Federelement, das eine Längsrichtung aufweist, die mit einer zweiten Richtung senkrecht zur ersten Achsenrichtung zusammenfällt, und das eine Breite hat, die kleiner als die des ersten Federelementes ist, und einem Massenteil, welches Verfahren durch die folgenden Schritte gekennzeichnet ist:

Messen der Eigenfrequenzen bezüglich der ersten Achsenrichtung der Schwingungskonstruktion und bezüglich einer dritten Achsenrichtung senkrecht zu einer Ebene, die von der ersten und der zweiten Achse aufgespannt wird,

Ändern der Dicke des ersten Federelementes, um die Eigenfrequenz bezüglich der dritten Achsenrichtung einzustellen, wobei die Eigenfrequenz bezüglich der ersten Achsenrichtung beibehalten wird, und

Wiederholen des Meßschrittes und des Schrittes der Änderung der Dicke bis die Eigenfrequenzen bezüglich der ersten und der dritten Achsenrichtung innerhalb eines Bereiches eines zulässigen Fehlers liegen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Schritt der Änderung der Dicke die Dicke des ersten Federelementes verringert wird, wenn die Eigenfrequenz bezüglich der dritten Achsenrichtung der Konstruktion höher als die Eigenfrequenz bezüglich der ersten Achsenrichtung ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Schritt der Änderung der Dicke die Dicke des ersten Federelementes erhöht wird,

wenn die Eigenfrequenz bezüglich der dritten Achsenrichtung der Konstruktion unter der Eigenfrequenz bezüglich der ersten Achsenrichtung liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verringerung der Dicke durch reaktives Ionenätzen, Plasmaätzen oder Zerstäuben erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhöhung der Dicke durch Aufstäuben, Ionenstrahlaufstäuben, Elektronenzyklotronresonanzaufstäuben, Ionenplattieren, Molekularstrahlepitaxialwachstum, chemisches Aufdampfen oder chemisches metallorganisches Aufdampfen erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung der Dicke unter Verwendung einer Maske erfolgt, die mit einer Öffnung versehen ist, die einem Bereich zur Verwirklichung der Dickenänderung im ersten Federelement entspricht, wobei die Dicke des ersten Federelementes unter der Öffnung verändert wird.

7. Verfahren zum Einstellen der Eigenfrequenz einer Doppelachsenschwingungskonstruktion zur Verwendung in einem Kreisel oder Gyroskop mit einem ersten Federelement einer ersten Achsenrichtung, die mit der Richtung zusammenfällt, in der eine elektrostatische Kraft anliegt, einem zweiten Federelement einer zweiten Achsenrichtung senkrecht zur ersten Richtung, das eine Breite hat, die kleiner als die des ersten Federelementes ist, und einem Massenteil, welches Verfahren durch die folgenden Schritte gekennzeichnet ist:

Messen der Eigenfrequenz bezüglich der ersten Achsenrichtung und einer dritten Achsenrichtung senkrecht zu einer Ebene, die von der ersten und der zweiten Achse der Schwingungskonstruktion aufgespannt wird,

Ändern der Dicke des ersten Federelementes der ersten Achsenrichtung, um die Eigenfrequenz bezüglich der dritten Achsenrichtung einzustellen, während die Eigenfrequenz bezüglich der ersten Achsenrichtung beibehalten wird, und

Wiederholen des Meßschrittes und des Schrittes der Änderung der Dicke, bis die Eigenfrequenzen bezüglich der ersten Achsenrichtung und bezüglich der dritten Achsenrichtung innerhalb eines Bereiches eines bestimmten Fehlers liegen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

FIG. 1

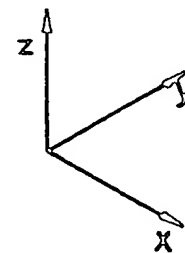
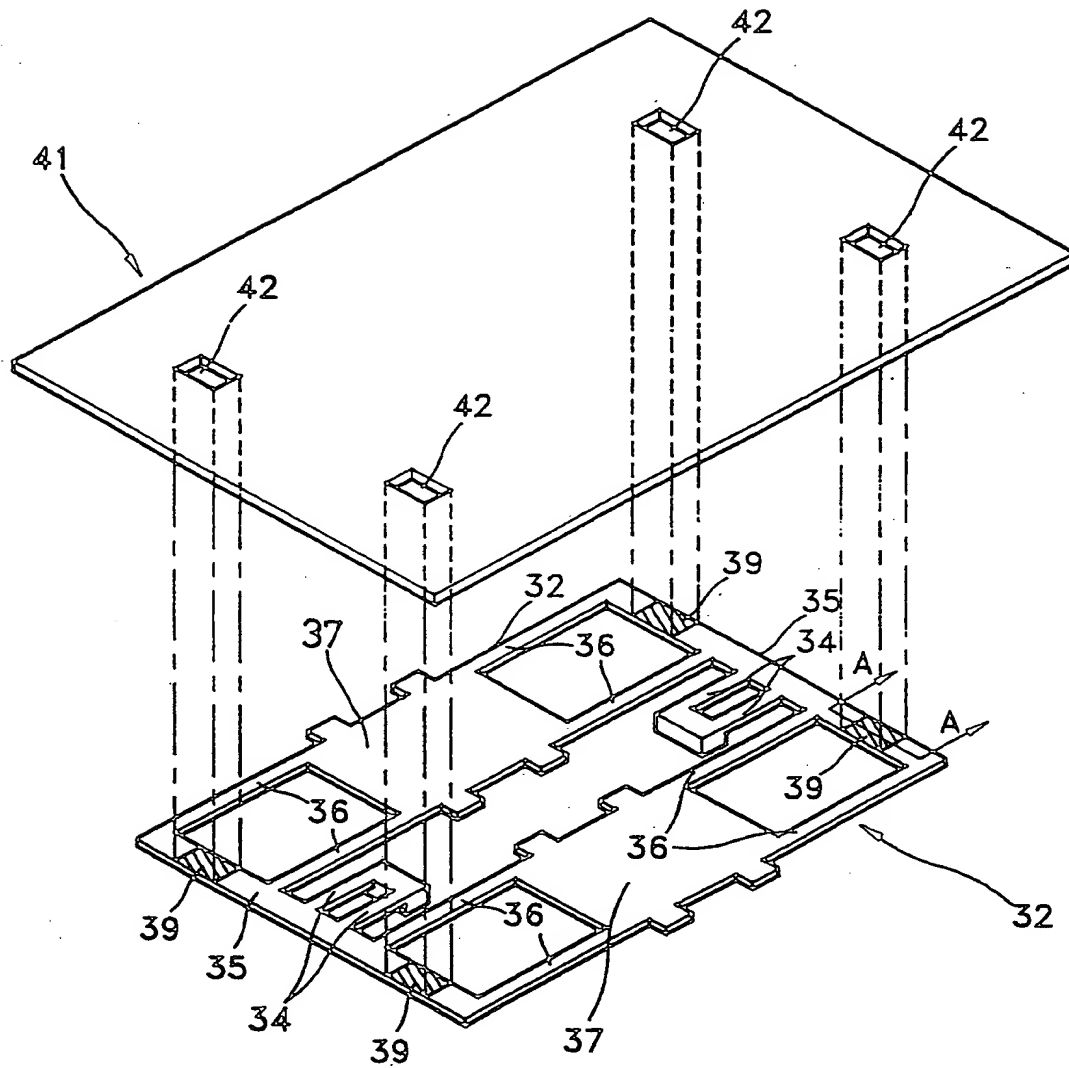


FIG. 2A

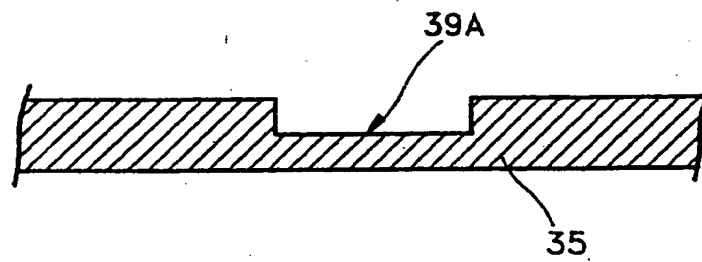


FIG. 2B

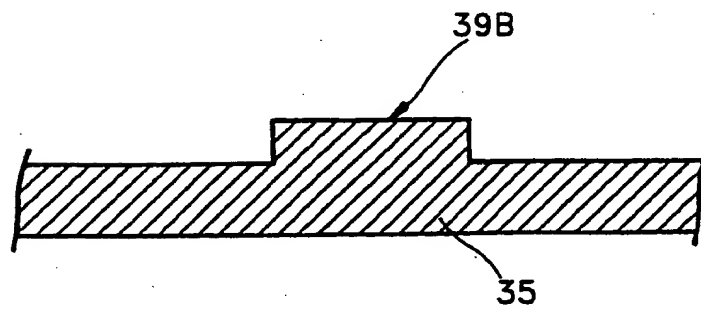


FIG. 3 (STAND DER TECHNIK)

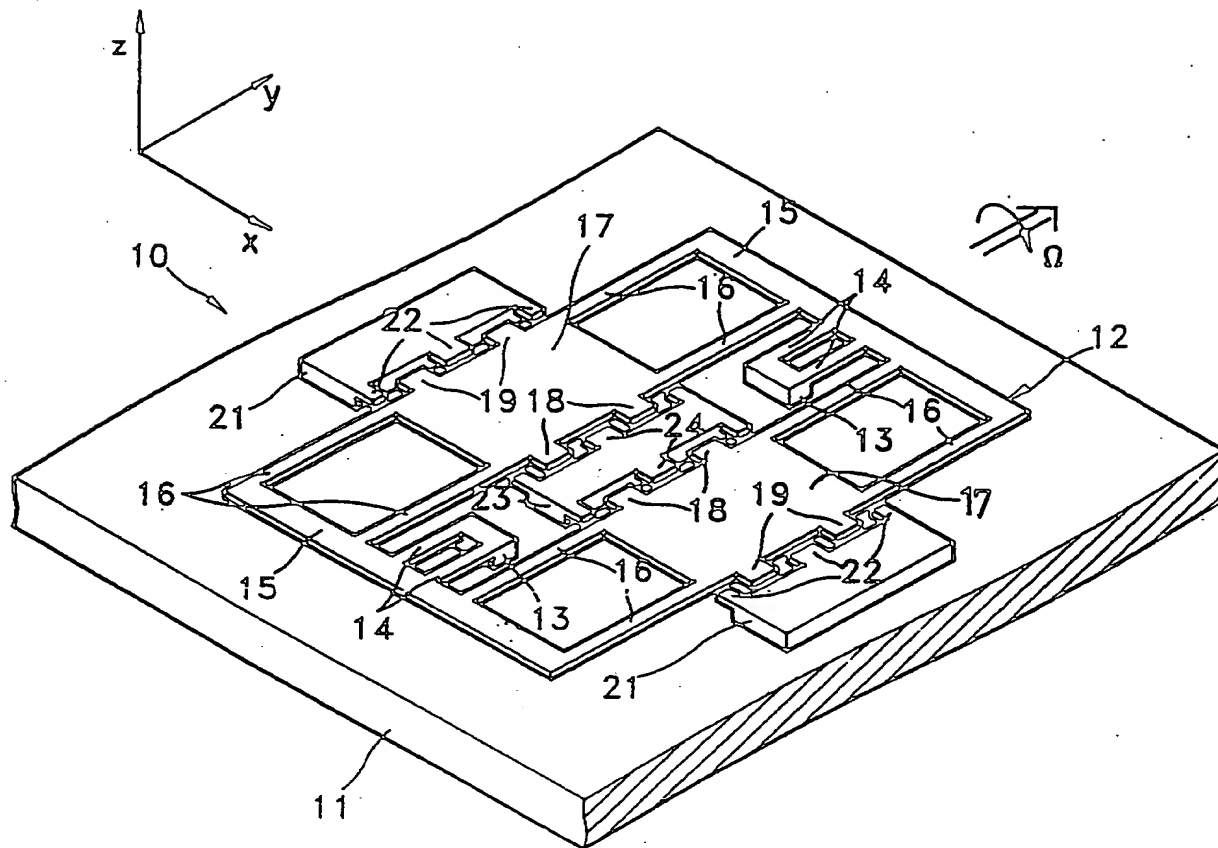


FIG. 4

